

*Д. Ю. Федоров*

**КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД  
К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ  
ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ  
СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ  
ЗНАНИЙ**

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2016

**Федоров Д. Ю. Кибернетический подход к управлению процессом обучения на основе семантических сетей знаний / Д. Ю. Федоров. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 40 с.**

В монографии предлагается подход к решению задач управления процессом обучения в вузе на основе формализации знаний и процесса их усвоения. В качестве формализации знаний предлагается использовать иерархическую сеть знаний, для формализации процесса – модель перемещения по сети знаний. В монографии приводятся примеры сетей знаний, показывается, как выбранные формализмы позволяют решать задачи управления процессом обучения.

Монография может быть полезна студентам, преподавателям, практикующим специалистам в области управления образованием.

© Федоров Д. Ю., 2016

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016

ISBN 978-5-7422-5260-3

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Глоссарий .....	5
2. Проблема передачи знаний .....	6
3. Семантическая мера информации .....	7
4. Управление процессом обучения .....	8
5. Обзор существующих систем управления процессом обучения .....	10
6. Представление знаний .....	13
6.1. Теория сетей знаний профессора В. Я. Розенберга.....	14
6.2. Алгоритм построения сети знаний.....	16
6.3. Пример построения сети знаний .....	17
6.4. Подход к автоматизации построения сети знаний .....	19
6.5. Нормализация сети знаний .....	21
6.6. Задачи управления, которые позволяет решать сеть знаний .....	22
6.7. Философские проблемы определения понятий .....	25
7. Формализация процесса усвоения знаний.....	28
7.1. Описание нотации.....	28
7.2. Задачи управления, которые позволяет решать формализм перемещения по сети знаний .....	30
7.2.1. Анализ состояния знаний учащегося перед началом процесса обучения .....	30
7.2.2. Контроль исполнения и оперативная корректировка во время процесса обучения.....	31
7.2.3. Анализ результатов процесса обучения.....	31
7.2.4. Максимизация передачи семантической информации.....	32
Заключение.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ. Сеть знаний для предметной области «Защита от несанкционированного доступа к информации» .....	34
Список используемых источников .....	39

## **ВВЕДЕНИЕ**

*«Знания начинаются с введения понятий.  
Наука начинается с измерения количества»*

(профессор В. Я. Розенберг)

В период становления постиндустриального общества резко возросло количество создаваемой в мире информации. От вопроса, где найти нужную информацию, человечество перешло к вопросу, как отфильтровать нескончаемый поток поступающей информации. В 1996 году нейрофизиолог Дэвид Льюис в своей работе «Гибель от информации: информационные перегрузки» ввел в научный оборот термин «синдром информационной усталости», отражающий психологическое состояние человека, при котором велика вероятность принятия ошибочных решений [1].

В мире произошел «информационный взрыв», который затронул все сферы деятельности человека, в том числе и образование. Ежегодное обновление образовательных стандартов указывает на то, что реформаторы не справляются с вызовами современности. Основная тенденция образовательных стандартов нового поколения – предоставление вузам свободы (точнее, передача ответственности) выбора и формирования содержимого учебных планов и рабочих программ. Таким образом, вузам предстоит решать задачу формирования у учащихся знаний за ограниченный промежуток времени в быстро меняющихся условиях информационного общества.

## 1. ГЛОССАРИЙ

**Знание** – субъективное отражение реального мира в виде понятий и представлений.

**Представление** – то, что вызывает ощущение.

**Понятия** отражают общие и отличительные признаки предметов и явлений в виде терминов и их определений.

**Термин** – точно и однозначно именуется понятие.

**Определение** – соотносит понятие с другими понятиями.

**Информация** – совокупность знаний о фактических данных и зависимостях между ними [2].

**Автоматизированная среда обучения (АСО)** – автоматизированная система, основанная на принципе структуризации знаний в виде сети знаний и формализации процесса обучения, как перемещения по сети знаний.

## 2. ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧИ ЗНАНИЙ

В процессе обучения можно выделить две составляющие, которые влияют на его качество: психофизиологическую и тезаурусную. К первой составляющей относятся следующие психофизиологические характеристики личности учащегося и преподавателя: мышление, менталитет, пол, темперамент, способ подачи и восприятия, качество подачи и восприятия. Ко второй составляющей относятся тезаурусы учащегося и преподавателя. Данные характеристики можно отобразить в виде «стека» передачи знаний (рис. 1), который был предложен профессором М. В. Буйневичем.

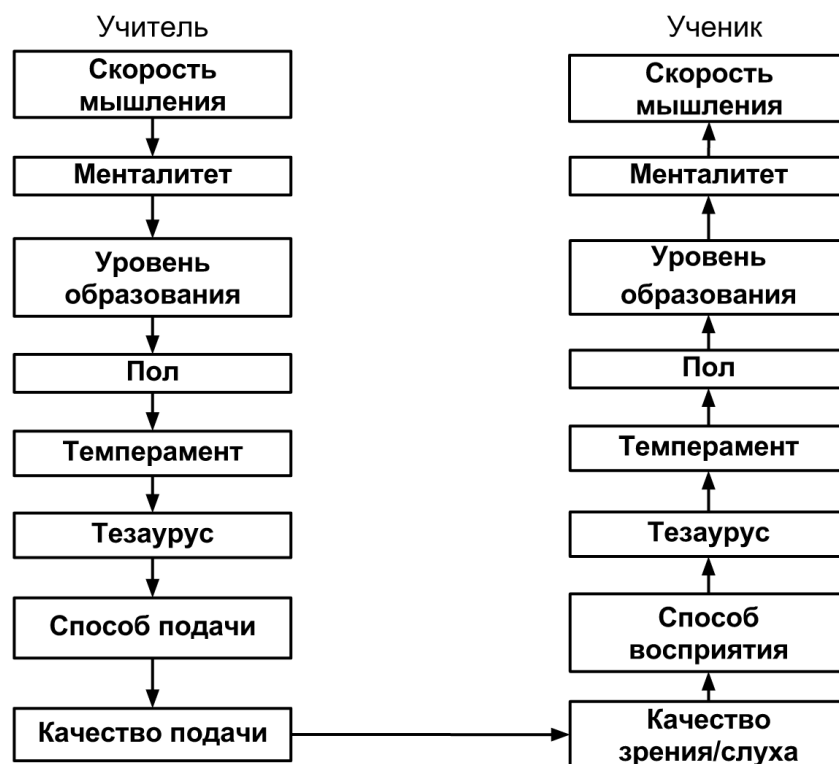


Рисунок 1 – «Стек» передачи знаний

Данная схема демонстрирует, что процесс передачи знаний от учителя-источника ученику-приемнику сталкивается с множеством препятствий, т.к. каждый из уровней «стека» может существенно отличаться у источника и приемника знаний. Если обобщить схему передачи знаний на группу учащихся, то можно заключить, что знания передать очень сложно (практически невозможно), поэтому остается их формировать («выращивать») в голове студента.

### 3. СЕМАНТИЧЕСКАЯ МЕРА ИНФОРМАЦИИ

Если психофизиологические характеристики личности учащегося и учителя отчасти закладываются от рождения и в течение жизни изменяются незначительно, то тезаурус варьируется и подвержен ежедневным изменениям. Оценку количества усвоенных (сформированных) знаний будем строить на основе тезаурусного подхода (семантической меры информации), где элементом системы знаний является понятие, выраженное в виде термина.

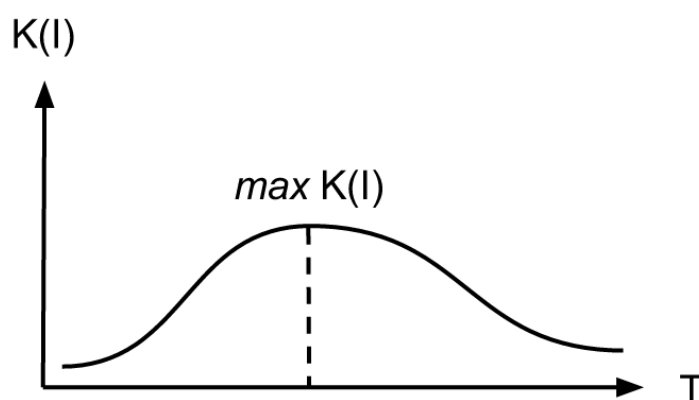


Рисунок 2 – График зависимости количества усвоенных знаний от объема тезауруса приемника

Тезаурус – система взаимосвязанных активных понятий, которой располагает приемник сообщения. Приемник «пропускает мимо ушей» любое сообщение, содержащее ключевые понятия, которых нет в его тезаурусе.

С точки зрения тезаурусного подхода информация («реализованная информация») – функция взаимодействия сообщения с тезаурусом приемника. Информация  $I$  лишь то, что изменяет тезаурус. Количество информации  $K(I)$  зависит от объема тезауруса  $T$ . При  $T=0$  количество информации равно 0, при  $T = \max K(I) \rightarrow 0$ . При оптимальном тезаурусе информация оптимальна [3].

#### 4. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ

На примере вуза рассмотрим кибернетическую модель управления процессом обучения, представленную на рисунке 3.

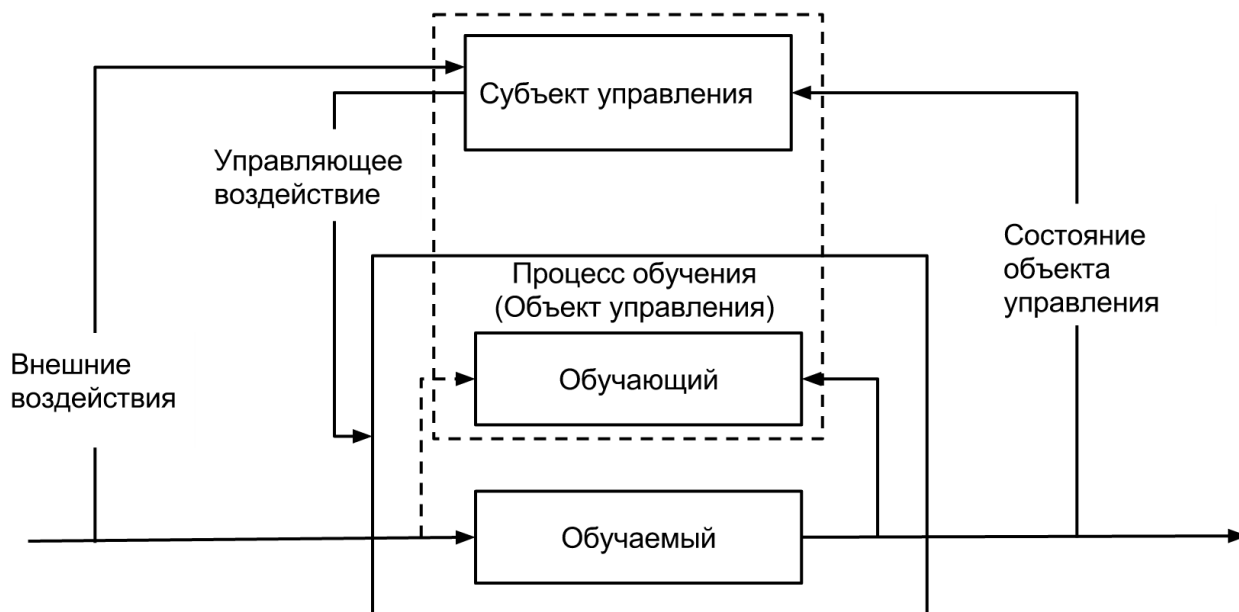


Рисунок 3 – Кибернетическая модель управления процессом обучения в вузе

Объектом управления (ОУ) в данном случае выступает процесс обучения, включающий систему взаимодействия между обучающим (преподавателем) и обучаемым (студентом). Внутри процесса обучения преподаватель выполняет роль педагога, который воздействует на студента и контролирует его действия по средствам проверочных работ, т.е. решает педагогические задачи.

Планированием процесса обучения в вузе занимается субъект управления (СУ). В роли СУ выступает чаще всего сам обучающий (преподаватель). СУ выполняет ряд задач по управлению процессом обучения:

1. анализ состояния знаний учащегося перед началом процесса обучения;
2. постановка цели для ОУ, т.е. формирование набора требований к знаниям, которыми должен обладать учащийся на выходе процесса обучения;
3. оценка имеющихся временных ресурсов и распределение времени на изучение каждой из тем дисциплины;



4. контроль исполнения и оперативная корректировка, т.е. проверка текущего усвоения знаний учащимися и, если потребуется, внесение изменений в текущий процесс обучения;

5. оценка результатов и анализ процесса обучения для его дальнейшего усовершенствования.

С учетом внешнего воздействия, которое выражается, например, в требованиях, поступающих от работодателей, СУ производит управление и корректировку процесса обучения.

Таким образом, в вузе наблюдается перекоп в сторону возросшей нагрузки на преподавателей, которые выполняют большую часть функций СУ по отношению к процессу обучения. Это приводит к тому, что преподаватель самостоятельно задает цели обучения и самостоятельно оценивает их достижение, часто, исходя не из потребностей внешней среды (работодателей) и связи с другими дисциплинами (общей системы знаний предметной области), а исключительно из собственных знаний и умений.

На взгляд автора, управление процессом обучения частично необходимо передать автоматизированной системе, т.е. снять эту нагрузку с преподавателей, что в итоге должно привести к освобождению их ресурсов для занятия педагогической и научной деятельностью.

Одним из путей решения данной задачи может являться перевод системы обучения в автоматизированную среду, которая позволит управлять процессом обучения.

## 5. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ

К решению задачи автоматизации процесса обучения обращались разработчики различных систем. Можно обозначить три явные тенденции в развитии систем, заявленных как автоматизирующие процесс обучения (рис. 4).

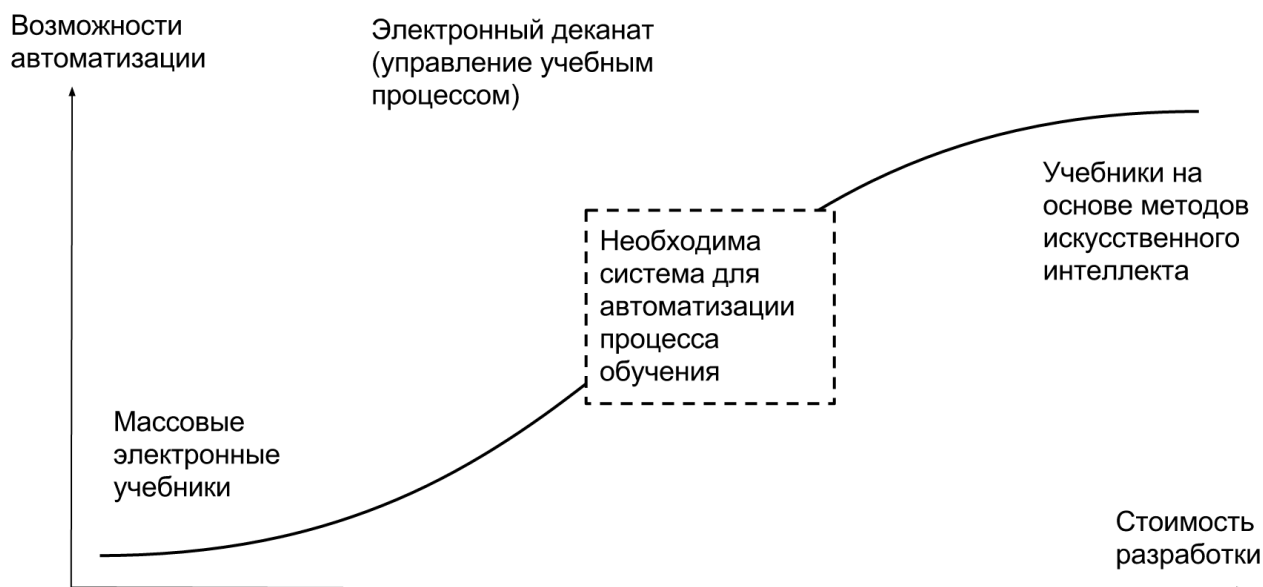


Рисунок 4 – График соотношения возможности автоматизации и сложности разработки автоматизированных систем обучения

Первый вид систем характеризуется переводом учебных материалов в электронный вид и созданием интерактивных электронных учебников, когда бумажные носители заменяются электронными. В этом случае слабо задействуются вычислительные возможности компьютеров, т.к. используются старые методы обучения. Никаких кардинальных изменений в управление процессом обучения не привносится. Основные трудозатраты на разработку подобных курсов заключаются в переводе бумажного содержимого учебников в электронный вид. Активному внедрению подобных систем в школах страны способствует, в том числе, и размытое определение электронного обучения в федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации»: «Под электронным обучением понимается организация образовательной

деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников» [4]. Под это определение, например, попадает общение учащегося и преподавателя по электронной почте.

Второй вид систем заключается в разработке интеллектуальных средств обучения, способных заменить учителя. Примером такой системы является «IDEA» [5]. В этом случае задействуются большие ресурсы компьютера, но создание подобных систем требует индивидуального подхода к каждому электронному учебнику и привлечения специалистов из различных областей знаний, поэтому разработка таких систем носит эксклюзивный характер. В данных системах обучающий подменяется программой (искусственным интеллектом), что недопустимо в некоторых жизненно важных предметных областях, например, медицине.

Третий вид систем связан с автоматизацией административных процессов, поддерживающих процесс обучения. Примером подобных систем могут служить: электронный деканат, электронная приемная комиссия и т.д. Когда речь заходит об автоматизации образовательных процессов, то, прежде всего, приводятся примеры данного вида систем, хотя с автоматизацией непосредственно процесса обучения они никак не связаны.

Таким образом, современные системы, заявленные как автоматизирующие процесс обучения, не могут называться таковыми, т.к. либо не решают задачи автоматизации непосредственно процесса обучения, либо отказываются от ее решения, исключив обучающего из процесса. Это приводит к тому, что необходимо искать новые методы перевода системы обучения в автоматизированную среду.

Автоматизация любого процесса заключается в его предварительной формализации, поэтому, в первую очередь, для автоматизации процесса обучения необходимо формализовать знания и процесс их усвоения.

## 6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

*«Переходный возраст — это возраст оформления мировоззрения и личности, возникновения самосознания и связанных представлений о мире. Основой для этого является мышление в понятиях, и для нас весь опыт современного культурного человечества, внешний мир, внешняя действительность и наша внутренняя действительность представлены в известной системе понятий»*

(профессор Л.С. Выготский)

Областью формализации знаний занимается такое направление искусственного интеллекта, как инженерия знаний и данных [6, 7]. От правильного выбора способа представления знаний зависит ход разработки системы, а также удобство ее сопровождения. Можно провести аналогию с выбором типа данных в программировании, где правильность выбора структуры данных способна во многом упростить разработку алгоритма решения поставленной задачи.

До настоящего времени предложен целый ряд методов представления знаний: правила, семантические сети, фреймы, сценарии, логика, концептуальные схемы и др. [8]. Каждый из методов имеет собственную область применения.

На взгляд автора, наиболее подходящей формой представления знаний в автоматизированной среде обучения (АСО) являются семантические сети знаний (сети знаний), предложенные профессором В. Я. Розенбергом [9]. Рассмотрим базовые положения данной теории.

## 6.1. Теория сетей знаний профессора В. Я. Розенберга

*«В начале было Слово»*

(Ин.1:1)

Слово является носителем того, что знают люди. Все знания человечества образуют систему, элементом которой является понятие [9]. Например, «Первый закон Ньютона», «Второй закон Ньютона», «логарифм» – это понятия, выраженные терминами.

С помощью определения понятие раскрывается через другие понятия. Например, понятие «логарифма» раскрывается через понятие «возведение в степень».

**Логарифм числа  $b$**  по основанию  $a$  определяется как **показатель степени**, в которую надо возвести основание  $a$ , чтобы получить число  $b$ .

**Возведение в степень** – бинарная операция, происходящая из сокращения для множественного умножения числа на самого себя.

Таким образом, понятия логарифма и возведения в степень связаны между собой.

В каждой учебной дисциплине (в каждой науке) количество понятий, отражающих знания этой дисциплины (этой науки) конечно. Есть некоторое количество слов, которое необходимо донести до слушателей. Количество этих слов не бесконечно, т.к. время на их передачу ограничено. Учебники устанавливают линейные связи между понятиями.

В системе понятий можно выделить те, которые находятся в основании (понятия нижнего уровня), затем понятия, которые опираются на понятия нижнего уровня и т.д. Таким образом, систему знаний можно представить в виде иерархического направленного графа – семантической сети знаний (сети знаний).

Количество понятий всего коллективного человеческого разума на каждый момент времени конечно – млн., млрд. и т.д. Если построить полную сеть знаний коллективного человеческого разума (типа Wikipedia), то верхушка сети

– граница того, чем человечество владеет сегодня. Все время появляются новые понятия, чтобы новые знания ввести в общий обиход.

Если видна граница в каждом направлении знаний, то это постановка задачи для исследователя. Обнаружить эту границу никаким способом кроме сетей знаний нельзя. К вопросу о возможности построения сети коллективного человеческого разума еще вернемся в п. 6.7.

Формализованное описание сетей знаний можно сформулировать следующим образом.

Совокупность знаний  $\Theta$  изучаемой учебной дисциплины представляет собой систему. Элементарной составляющей, входящей в состав  $\Theta$  является слово, отражающее определенное понятие. С помощью слов фиксируются все понятия, составляющие систему  $\Theta$ . Связи между понятиями устанавливаются с помощью грамматических правил конкретного языка. По отношению к каждому понятию из  $\Theta$  существует первичное предложение, которое содержит его определение. Совокупность таких определений образует инвариантное ядро  $\Theta$ , которое обеспечивает однозначность восприятия знаний в пределах конкретной учебной дисциплины. Инвариантное ядро учебной дисциплины для определения своих понятий использует слова из других областей знаний. Все понятия из  $\Theta$  делятся на основные и вспомогательные. К основным понятиям относятся специфические понятия данной конкретной дисциплины, являющиеся предметом ее определения и изучения. К вспомогательным понятиям относятся понятия, заимствованные из других областей знаний, которые в данной дисциплине не изучаются, а используются для определения содержания основных понятий. Множество основных понятий конкретной дисциплины, вместе с внутренними взаимосвязями между ними, образует иерархически упорядоченную сеть знаний, узлами которой являются идентификаторы основных понятий [10].

## 6.2. Алгоритм построения сети знаний

*«... этнос – феномен биосферы, или системная целостность дискретного типа, работающая на геобиохимической энергии живого вещества, в согласии с принципом второго начала термодинамики, что подтверждается диахронической последовательностью исторических событий. Если этого достаточно для понимания, то книгу дальше можно не читать»*

(Л. Н. Гумилев. Этногенез и биосфера Земли)

Алгоритм построения сети знаний включает нескольких шагов.

- Шаг 1.** Выписать все базовые термины предметной области и сформулировать их определения (составить тезаурус предметной области).
- Шаг 2.** Выделить термины из списка, которые встречаются в определении других терминов, перечисленных на шаге 1.
- Шаг 3.** На нижнем (I) уровне расположить термины, в определении которых не используются термины из списка.
- Шаг 4.** На следующем (II) уровне расположить термины, в определении которых используются термины I уровня.
- Шаг 5.** На III уровне – термины, в определении которых используются термины I и II уровней и т.д.
- Шаг 6.** На последнем уровне расположить термины, которые не используются в определении других терминов.
- Шаг 7.** Соединить понятия стрелками снизу вверх.



### 6.3. Пример построения сети знаний

В качестве примера рассмотрим систему, состоящую из технических (искусственных) терминов, изучаемых в дисциплине «Программные средства защиты информации».

**Машинный код** – система команд (набор кодов операций) конкретной вычислительной машины, которая интерпретируется непосредственно процессором или микропрограммами этой вычислительной машины.

**Язык ассемблера** – машинно-ориентированный язык низкого уровня с командами, обычно соответствующими **командам машины**, который может обеспечить дополнительные возможности вроде макрокоманд.

**Ассемблер** – компьютерная программа, компилятор исходного текста программы, написанной на **языке ассемблера**, в программу на **машинном языке**.

**Дизассемблер** – транслятор, преобразующий **машинный код**, объектный файл или библиотечные модули в текст программы на **языке ассемблера**.

**Отладчик** – компьютерная программа, предназначенная для поиска ошибок в других программах, ядрах операционных систем, SQL-запросах и других видах **программного кода**. Включает встроенный **дизассемблер**.

**Точка останова** – это преднамеренное прерывание выполнения программы, при котором выполняется вызов **отладчика** [11].

На рисунке 5 приведен пример сети знаний для предметной области «Программные средства защиты информации», включающий термины: «машинный код» (1), «язык ассемблера» (2), «ассемблер» (3), «дизассемблер» (4), «отладчик» (5), «точка останова» (6).

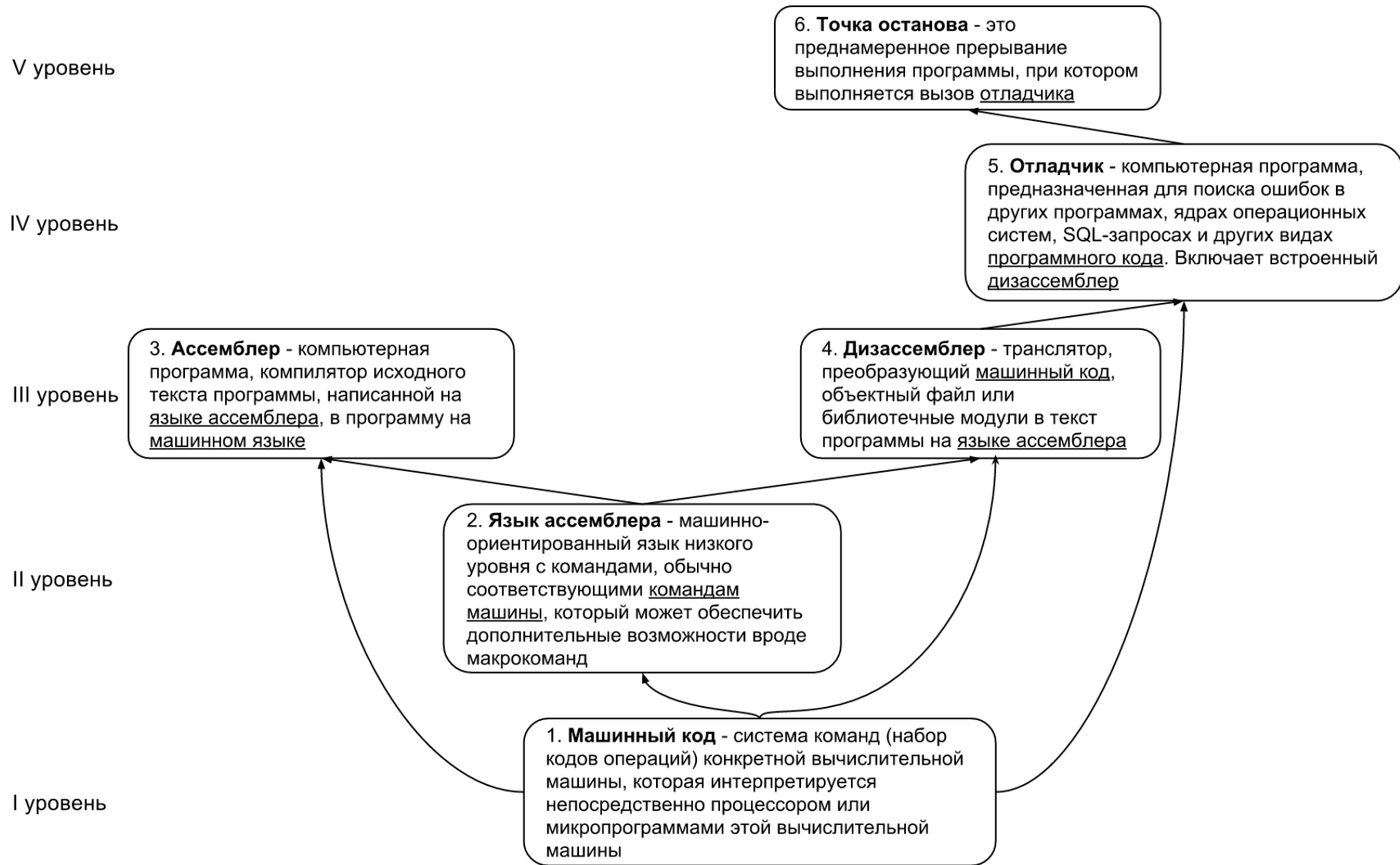


Рисунок 5 – Пример сети знаний для предметной области «Программные средства защиты информации»

Рассмотренный в п. 6.2. формализованный алгоритм построения сети знаний может быть автоматизирован.

#### **6.4. Подход к автоматизации построения сети знаний**

В первую очередь, исходя из алгоритма построения сети знаний (п. 6.2), необходимо составить тезаурус предметной области, для которой будет строиться сеть знаний. На языке специалистов по инженерии знаний этот шаг называется извлечением знаний (из эксперта-преподавателя). В случае сетей знаний он сводится к формулированию списка терминов, относящихся к предметной области, и их определению через другие термины.

К основным правилам определения понятий относятся:

- определение должно быть соразмерным, т.е. определяемое и определяющее понятия должны быть равны по объему;
- определение не должно делать круга;
- определение не должно быть отрицательным;
- определение должно быть ясным, четким, не допускающим двусмысленных или метафорических выражений [12].

На следующем шаге просматриваются полученные определения и внутри них выделяются термины, возможно, относящиеся к данной предметной области. Если такие термины найдены, то для них также формулируются определения.

Далее необходимо установить связи между терминами. Это возможно сделать, например, в системе Mediawiki – программной реализации, положенной в основу сайта Wikipedia. Правила wiki-разметки позволяют создать страницу для каждого базового термина и связать ее со страницами других терминов (рис. 6).

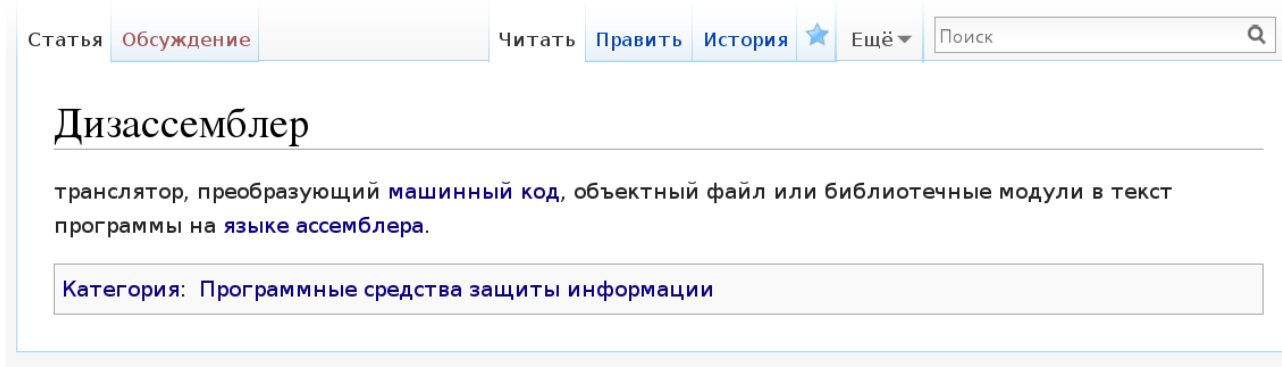


Рисунок 6 – Вид страницы, представляющей понятие предметной области в системе MediaWiki

Исходный код разметки для страницы, представленной на рисунке 6, имеет следующий вид:

```

транслятор, преобразующий [[машинный код]], объектный файл или
библиотечные модули в текст программы на [[язык ассемблера | языке
ассемблера]].
[[Категория: Программные средства защиты информации]]
    
```

Термины, относящиеся к предметной области «Программные средства защиты информации», помещаются в одноименную категорию. Термин может принадлежать нескольким категориям одновременно.

После того, как были программно зафиксированы связи между терминами, можно переходить к построению сети знаний. Для этого на языке программирования Python был написан скрипт, который анализирует базу данных системы Mediawiki для определенной категории и формирует квадратную матрицу инцидентности вида:

```

[[0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 0, 0, 0, 0, 1],
 [0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 1, 1, 0, 1, 1],
 [0, 1, 1, 0, 0, 0],
 [1, 0, 0, 0, 0, 0]],
    
```

где за строками и столбцами скрываются следующие термины: 0 – «Точка останова», 1 – «Дизассемблер», 2 – «Ассемблер», 3 – «Машинный код», 4 – «Язык ассемблера», 5 – «Отладчик».

Наличие матрицы инцидентности позволяет построить сеть знаний (однаправленный граф). Из большого числа графических библиотек была выбрана GraphViz. Результат построения представлен на рисунке 7.

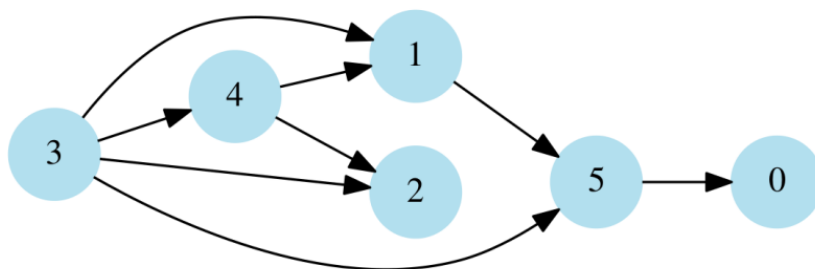


Рисунок 7 – Пример автоматизированного построения сети знаний с использованием библиотеки GraphViz

### 6.5. Нормализация сети знаний

*«Все-таки я пошел к Тарантоге, чтобы прочесть о сепульках. Нашел следующие краткие сведения:*

*«СЕПУЛЬКИ — важный элемент цивилизации ардритов (см.) с планеты Энтеропия (см.). См. СЕПУЛЬКАРИИ».*

*Я последовал этому совету и прочел:*

*«СЕПУЛЬКАРИИ — устройства для сепуления (см.)».*

*Я поискал «Сепуление»; там значилось:*

*«СЕПУЛЕНИЕ — занятие ардритов (см.) с планеты Энтеропия (см.). См. СЕПУЛЬКИ».*

*Круг замкнулся, больше искать было негде».*

(С. Лем. Звездные дневники Ийона Тихого)

Рассмотренная ранее сеть знаний из области «Программные средства защиты информации» удовлетворяла ряду условий.

*Условие 1.* Отсутствие в сети знаний рекурсий, т.е. логически противоречивых определений (условие ацикличности сети знаний).

Примером нарушения данного условия являются определения понятий «правила разграничения доступа» и «субъект доступа», представленные в Руководящем документе «Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения» [13]. Сеть знаний, построенная на основе данного Руководящего документа, представлена в Приложении (рис. 14).

**Правила разграничения доступа** – совокупность правил, регламентирующих права доступа **субъектов доступа** к объектам доступа.

**Субъект доступа** – лицо или процесс, действия которого регламентируются **правилами разграничения доступа**.

В определении понятия «правила разграничения доступа» присутствует понятие «субъект доступа», а в определении понятия «субъект доступа» – понятие «правила разграничения доступа». Налицо рекурсия (рис. 14).

*Условие 2.* Отсутствие в сети знаний, так называемых, «висящих» понятий, т.е. таких, в состав которых не входят понятия из области данной дисциплины.

Примером нарушения данного условия являются следующие понятия из вышеупомянутого Руководящего документа [13]: «целостность информации», «верификация», «сертификация уровня защиты» (рис. 14).

При выполнении перечисленных условий сеть знаний будем называть *нормализованной* [11].

Выявить нарушения условий можно путем анализа матрицы инцидентности.

## **6.6. Задачи управления, которые позволяет решать сеть знаний**

Перечислим основные преимущества, которые предоставляет выбранная форма представления знаний при построении АСО.

1. Сеть знаний может быть построена для любой предметной области. Доказательство данного утверждения приведено в работах [9, 10]. Ограничения рассматриваются в п. 6.7.

2. Алгоритм построения сети знаний может быть автоматизирован (см. п. 6.4). При добавлении нового термина вся сеть знаний перестраивается автоматически.

3. Алгоритм извлечения знаний (из эксперта-преподавателя) сводится к перечислению базовых терминов предметной области и формулированию их определений, как это было показано в п. 6.4.

4. Сеть знаний представляет собой подобие дерева целей для процесса обучения, т.е. формирует набор требований к знаниям, которыми должен обладать учащийся на выходе процесса обучения

5. Сеть знаний задает порядок (маршрут) изучения понятий, начиная с нижележащего уровня.

Понятия сети знаний обозначают темы лекционных занятий, связи (переходы) между понятиями – лабораторные и практические работы. В частности, практическая работа призвана закрепить знания, полученные на лекции, а лабораторная – выявить новые понятия.

На лекции последовательно, начиная с более низкого уровня, раскрываются понятия «машинный код», «язык ассемблера», «ассемблер», «дизассемблер», «отладчик» (рис. 8).

На практическом занятии под руководством преподавателя учащиеся «в живую» знакомятся с преобразованием машинного кода в код на языке ассемблера, т.е. эмпирически проверяют связи под номерами 6, 7 и 10.

Лабораторная работа включает самостоятельное исследование связей понятия «отладчик» (9, 12) и выявление его «новых» связей (13) – с неким явлением под номером 14. Впоследствии на лекции будет введено и всесторонне раскрыто понятие «точка останова».

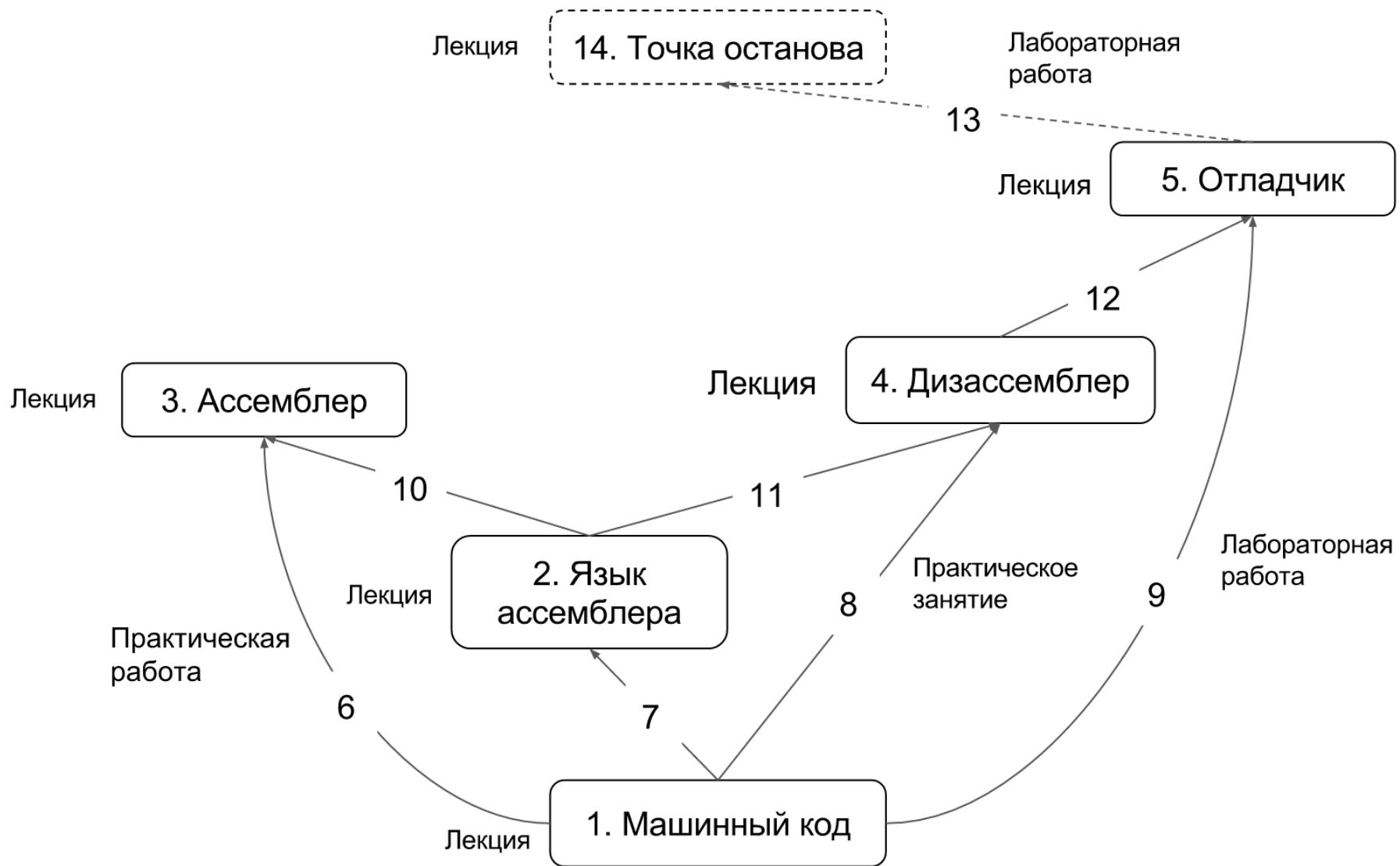


Рисунок 8 – Схема представления сети знаний в виде набора лекций и практических (лабораторных) занятий



б. Сеть знаний позволяет распределить время на изучение каждой из тем (понятий) предметной области (дисциплины).

Условимся, что на изучение одного понятия затрачивается  $t$  минут. Данное значение определяется экспериментально или рекомендуется педагогами-экспертами. Таким образом, можно найти общее время, требуемое на изучение всех понятий дисциплины.

В случае, когда фактического времени не хватает, рекомендуется выбрать понятия, имеющие наибольшее число связей и их изучить на лекции. Остальные понятия оставить для самостоятельного изучения.

### **6.7. Философские проблемы определения понятий**

*«...каждая дисциплина, как только она начинала использовать аристотелевский метод определений, останавливалась в своем развитии, впадая в состояние пустых словопрений и голой схоластики, и, наоборот, степень, в которой различные науки оказывались способны к прогрессу, зависела от того, насколько они смогли избавиться от аристотелевского эссенциалистского метода»*

(Карл Поппер. Открытое общество и его враги)

Теория построения сетей знаний, предложенная профессором В.Я. Розенбергом (см. п. 6.1), близка аристотелевской идее о том, что все знания человечества можно собрать в единую энциклопедию (подобную Wikipedia), содержащую набор терминов и их определений. Для того чтобы избежать бесконечного регресса, истинность этих определений будет зависеть от *базисных предпосылок*, являющихся безусловно истинными и не нуждающихся ни в каком доказательстве. «Базисная посылка», по Аристотелю, есть не что иное, как высказывание, описывающее суть бытия вещи [14].

На рисунке 9 приведен пример сети знаний, предложенной профессором М.В. Буйневичем. Сеть знаний включает следующие понятия из области физики.

**Материя** – все, существующее в **пространстве** и во **времени**.

**Вещество** – дискретная форма существования **материи**.

**Физическое поле** – непрерывная форма существования **материи**.

**Сигнал** – результат кодирования информации изменениями физической величины (характеристики **физического поля**).

**Электрическое поле** – вид **физического поля**, существующий вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом, а также в свободном виде при изменении магнитного поля.

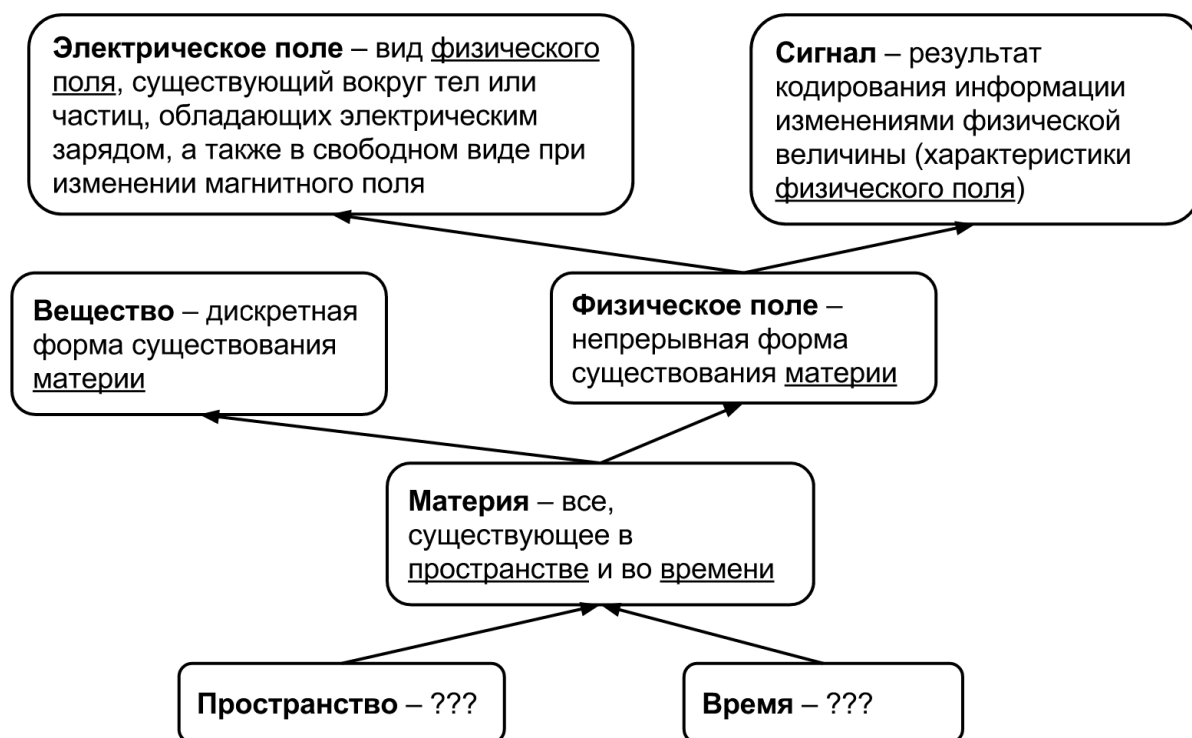


Рисунок 9 – Пример сети знаний из области физики

Переход к нижележащим понятиям сети знаний (базисным предпосылкам) по Аристотелю приведет в область аксиом, поэтому на рисунке 9 остановились на определении термина «материя».

В книге «Открытое общество и его враги» [14] Карл Поппер отмечает, что развитие науки происходит в обратную сторону, т.е. от определений к

терминам. Термин служит лишь для сокращения длинных формулировок и погоня за точностью его определения не влияет на развитие научного знания.

Возвращаясь к терминам из области «Программных средств защиты» (п. 6.3), отметим, что сначала была разработана программная система для поиска ошибок в других программах, позже она получила название «отладчик». Далее разработали систему, преобразующую машинный код в текст программы на языке ассемблера, и ее назвали «дизассемблером». Современные системы объединяют в себе функциональные возможности отладчика и дизассемблера, поэтому их разделение на два типа достаточно условно.

Учитывая вышесказанное, сосредоточимся на структуризации отдельных предметных систем знаний, не опускаясь до уровня базовых предпосылок.

## 7. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

От формализации знаний перейдем к формализации процесса их усвоения обучаемым. Исходя из рассмотренной ранее сети знаний наиболее очевидным подходом к процессу обучения (усвоению знаний обучающимся) является последовательный переход между понятиями, начиная с понятий нижележащего уровня и заканчивая понятиями самого высокого уровня.

### 7.1. Описание нотации

Для того чтобы проследить за процессом усвоения знаний в заданный момент времени построим имитационную модель обучения с использованием сети знаний. Для этого воспользуемся нотацией сетей Петри [15], внося в нее ряд существенных изменений. Структура сети знаний будет представлять собой совокупность позиций (понятий), обозначаемых кружком  $\circ$ , и переходов (связей между понятиями), обозначаемых планкой  $|$ . Маркировкой  $\mu$  будем обозначать присвоение фишек позициям сети знаний. Положение фишек при моделировании процесса обучения может изменяться. Фишки будут использоваться для определения текущей позиции обучающегося в сети знаний. На графе сети знаний фишки будем изображать маленькой точкой в кружке, который представляет позицию (изучение понятия). Для моделирования процесса обучения фишкам припишем различные цвета (закрашенные и не закрашенные). Процесс обучения будет выполняться посредством запусков переходов. В каждый момент времени из позиции в позицию может перемещаться только одна фишка.

Рассмотрим на рисунке 10 пример моделирования процесса обучения на основе сети знаний для предметной области «Программные средства защиты информации» (рис. 5, рис. 8).

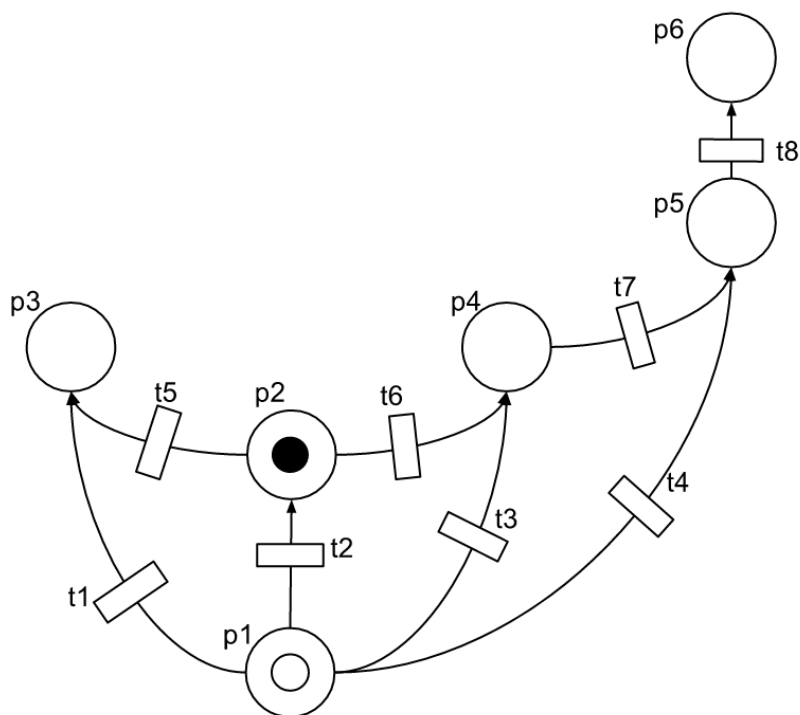


Рисунок 10 – Имитационная модель процесса обучения с использованием сетей знаний

Первоначально в позиции  $p1$  (изучение понятия «машинный код») находилась закрашенная фишка. После начала процесса обучения фишка прошла через переход  $t2$  и оказалась в позиции  $p2$  (было изучено понятие «язык ассемблера»), а на ее месте образовалась не закрашенная фишка. Переход фишек равновероятно осуществляется в такие позиции, для которых входные позиции содержат фишки (закрашенные или не закрашенные). Такие позиции будем называть *открытыми для перехода*. Цвет фишки зависит от числа возможных переходов. В частности, из позиции  $p1$  в дальнейшем будет произведен равновероятный переход в позицию  $p3$  (изучение понятия «ассемблер») либо в  $p4$  (изучение понятия «дизассемблер»).

## 7.2. Задачи управления, которые позволяет решать формализм перемещения по сети знаний

Предложенная имитационная модель процесса обучения демонстрирует возможность решения ряда задач управления процессом обучения в вузе (п. 4).

### 7.2.1. Анализ состояния знаний учащегося перед началом процесса обучения

Модель перемещения по сети знаний позволяет выполнять анализ состояния знаний учащегося перед началом процесса обучения.

Предполагаем, что учащийся перед началом процесса обучения должен обладать знаниями, достаточными для усвоения понятий, входящих в сеть знаний изучаемой предметной области (дисциплины).

На рисунке 11 пунктиром показаны понятия ( $p_k$ ,  $p_i$ ) из других предметных областей, знание которых необходимо для освоения дисциплины.

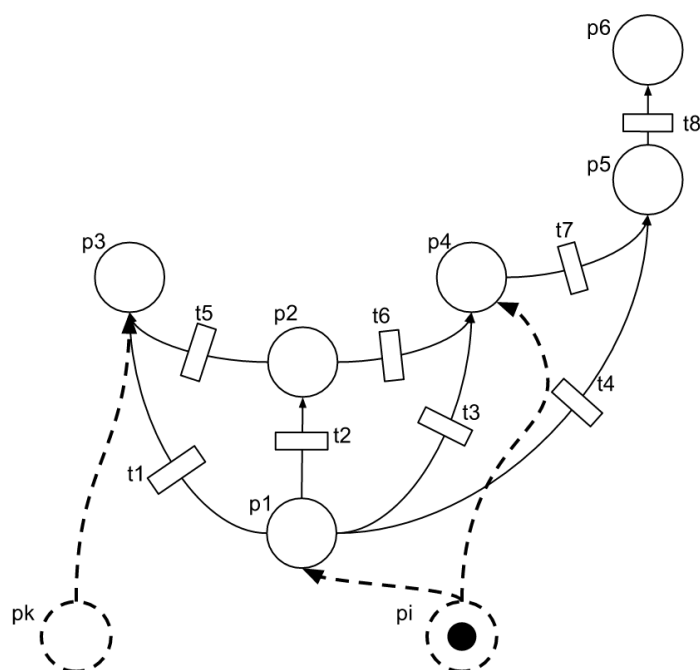


Рисунок 11 – Схема связи понятий из разных предметных областей

Перед началом процесса обучения необходимо провести тестирование учащегося на знание понятий  $p_k$  и  $p_i$  и, исходя из результатов проверки, предложить рекомендации для повторения (изучения) данных понятий. В

частности, на рисунке 11 учащемуся необходимо повторить (изучить) понятие *p*<sub>k</sub>.

### **7.2.2. Контроль исполнения и оперативная корректировка во время процесса обучения**

Модель перемещения по сети знаний позволяет выполнять контроль исполнения и производить оперативную корректировку во время процесса обучения.

Контроль исполнения происходит за счет отслеживания местоположения учащегося на сети знаний.

К примеру, преподаватель провел занятие. После этого все учащиеся проходят тестирование по терминам, которые они изучили. В зависимости от правильности ответов и их текущего положения на сети знаний (текущего положения их фишек), будет происходить перемещение фишек каждого из учащихся.

На рисунке 10 не закрашенная фишка означает, что материал этого занятия требует повторения, т.е. оперативного вмешательства в процесс обучения.

### **7.2.3. Анализ результатов процесса обучения**

После завершения процесса обучения модель перемещения по сети знаний позволяет произвести оценку результатов и проанализировать процесс обучения для его дальнейшего совершенствования за счет выявления понятий, вызвавших наибольшие сложности.

К примеру, если по окончании процесса обучения сеть знаний для пятидесяти процентов учащихся будет иметь вид, представленный на рисунке 12, то это говорит о сложности изучения понятия *p*<sub>4</sub>. Следовательно, требуется уделить больше времени для изучения данного понятия.

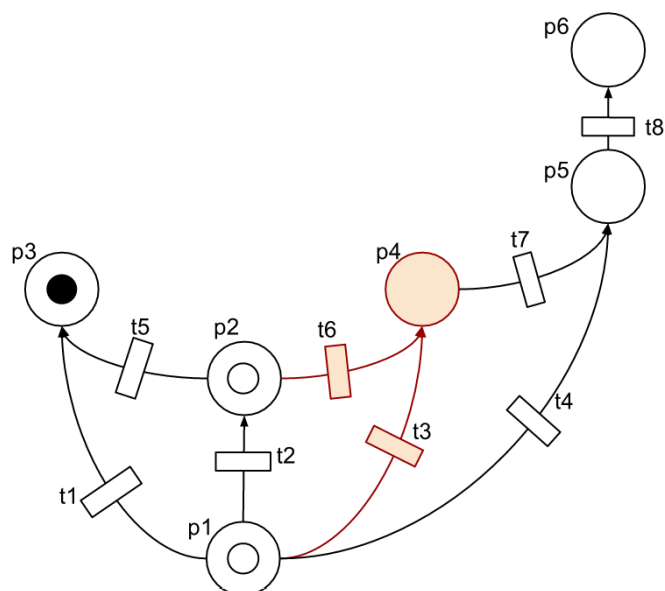


Рисунок 12 – Пример модели сети знаний по окончании процесса обучения

Если только один учащийся не справился со всеми терминами (рис. 13), то, возможно, что ему не хватило времени.

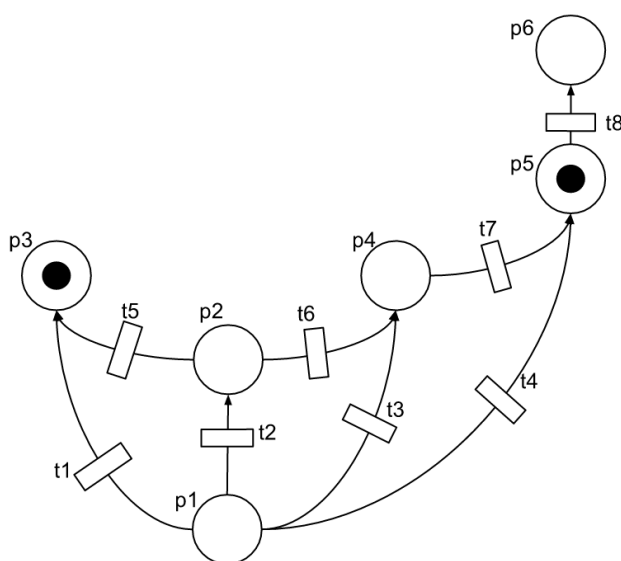


Рисунок 13 – Пример модели сети знаний по окончании процесса обучения

#### 7.2.4. Максимизация передачи семантической информации

В каждый момент времени семантическая мера информации для усваиваемых учащимся знаний будет максимальна (учащийся содержит оптимальный тезаурус). Это достигается за счет правил перемещения по сети знаний и возможности повторения забытых понятий.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*«Если строить планы только на год, то вы сможете лишь взрастить злаки; по планам на десять лет — можно вырастить дерево; но если строить планы на всю жизнь, следует воспитать человека».*

(Гуань Чжун, китайский мыслитель и политик)

В последнее время много разговоров ведется о переходе к обществу, основанному на знаниях, разрабатываются системы управления знаниями, в крупных корпорациях появляются должности специалистов по управлению знаниями и пр.

Но из этих обсуждений выпало высшее образование, а именно внутри вузов знания накапливаются, систематизируются, создаются и затем передаются следующим поколениям. С этой позиции процесс обучения является ни чем иным как управлением знаниями учащихся.

Предложенная в работе автоматизированная среда обучения позволяет:

- накапливать знания, создавая хранилища и базы знаний;
- систематизировать знания, проводя классификации понятий по предметным областям;
- передавать знания, используя модель перемещения по сети знаний.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ. СЕТЬ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ «ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ»**

Перечень терминов и определений из «Руководящего документа Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения» [13].

1. **Доступ к информации.** Ознакомление с информацией, ее обработка, в частности, копирование модификация или уничтожение информации.
2. **Правила разграничения доступа.** Совокупность правил, регламентирующих права доступа субъектов доступа к объектам доступа.
3. **Санкционированный доступ к информации.** Доступ к информации, не нарушающий правила разграничения доступа.
4. **Несанкционированный доступ к информации.** Доступ к информации, нарушающий правила разграничения доступа с использованием штатных средств, предоставляемых средствами вычислительной техники или автоматизированными системами.
5. **Защита от несанкционированного доступа.** Предотвращение или существенное затруднение несанкционированного доступа.
6. **Субъект доступа.** Лицо или процесс, действия которого регламентируются правилами разграничения доступа.
7. **Объект доступа.** Единица информационного ресурса автоматизированной системы, доступ к которой регламентируется правилами разграничения доступа.
8. **Матрица доступа.** Таблица, отображающая правила разграничения доступа.
9. **Уровень полномочий субъекта доступа.** Совокупность прав доступа субъекта доступа.
10. **Нарушитель правил разграничения доступа.** Субъект доступа, осуществляющий несанкционированный доступ к информации.
11. **Модель нарушителя правил разграничения доступа.** Абстрактное (формализованное или неформализованное) описание нарушителя правил разграничения доступа.

12. **Комплекс средств защиты.** Совокупность программных и технических средств, создаваемая и поддерживаемая для обеспечения защиты средств вычислительной техники или автоматизированных систем от несанкционированного доступа к информации.
13. **Система разграничения доступа.** Совокупность реализуемых правил разграничения доступа в средствах вычислительной техники или автоматизированных системах.
14. **Идентификатор доступа.** Уникальный признак субъекта или объекта доступа.
15. **Идентификация.** Присвоение субъектам и объектам доступа идентификатора и (или) сравнение предъявляемого идентификатора с перечнем присвоенных идентификаторов.
16. **Пароль.** Идентификатор субъекта доступа, который является его (субъекта) секретом.
17. **Аутентификация.** Проверка принадлежности субъекту доступа предъявленного им идентификатора; подтверждение подлинности.
18. **Защищенное средство вычислительной техники (защищенная автоматизированная система).** Средство вычислительной техники (автоматизированная система), в котором реализован комплекс средств защиты
19. **Средство защиты от несанкционированного доступа.** Программное, техническое или программно-техническое средство, предназначенное для предотвращения или существенного затруднения несанкционированного доступа.
20. **Модель защиты.** Абстрактное (формализованное или неформализованное) описание комплекса программно-технических средств и (или) организационных мер защиты от несанкционированного доступа.
21. **Безопасность информации.** Состояние защищенности информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники или автоматизированной системы, от внутренних или внешних угроз.

22. **Целостность информации.** Способность средства вычислительной техники или автоматизированной системы обеспечивать неизменность информации в условиях случайного и (или) преднамеренного искажения (разрушения).
23. **Конфиденциальная информация.** Информация, требующая защиты.
24. **Дискреционное управление доступом.** Разграничение доступа между поименованными субъектами и поименованными объектами. Субъект с определенным правом доступа может передать это право любому другому субъекту.
25. **Мандатное управление доступом.** Разграничение доступа субъектов к объектам, основанное на характеризуемой меткой конфиденциальности информации, содержащейся в объектах, и официальном разрешении (допуске) субъектов обращаться к информации такого уровня конфиденциальности.
26. **Многоуровневая защита.** Защита, обеспечивающая разграничение доступа субъектов с различными правами доступа к объектам различных уровней конфиденциальности.
27. **Концепция диспетчера доступа.** Концепция управления доступом, относящаяся к абстрактной машине, которая посредничает при всех обращениях субъектов к объектам.
28. **Диспетчер доступа (ядро защиты).** Технические, программные и микропрограммные элементы комплекса средств защиты, реализующие концепцию диспетчера доступа.
29. **Администратор защиты.** Субъект доступа, ответственный за защиту автоматизированной системы от несанкционированного доступа к информации.
30. **Метка конфиденциальности.** Элемент информации, который характеризует конфиденциальность информации, содержащейся в объекте.
31. **Верификация.** Процесс сравнения двух уровней спецификации средств вычислительной техники или автоматизированных систем на надлежащее соответствие.
32. **Класс защищенности средств вычислительной техники (автоматизированной системы).** Определенная совокупность требований по

защите средств вычислительной техники (автоматизированной системы) от несанкционированного доступа к информации.

**33. Показатель защищенности средств вычислительной техники.**

Характеристика средств вычислительной техники, влияющая на защищенность и описываемая определенной группой требований, варьируемых по уровню, глубине в зависимости от класса защищенности средств вычислительной техники.

**34. Система защиты секретной информации.** Комплекс организационных мер и программно-технических (в том числе криптографических) средств обеспечения безопасности информации в автоматизированных системах.

**35. Система защиты информации от несанкционированного доступа.**

Комплекс организационных мер и программно-технических (в том числе криптографических) средств защиты от несанкционированного доступа к информации в автоматизированных системах.

**36. Средство криптографической защиты информации.**

Средство вычислительной техники, осуществляющее криптографическое преобразование информации для обеспечения ее безопасности.

**37. Сертификат защиты.**

Документ, удостоверяющий соответствие средства вычислительной техники или автоматизированной системы набору определенных требований по защите от несанкционированного доступа к информации и дающий право разработчику на использование и (или) распространение их как защищенных.

**38. Сертификация уровня защиты.**

Процесс установления соответствия средства вычислительной техники или автоматизированной системы набору определенных требований по защите.

На рисунке 14 представлена сеть знаний для перечисленных понятий.

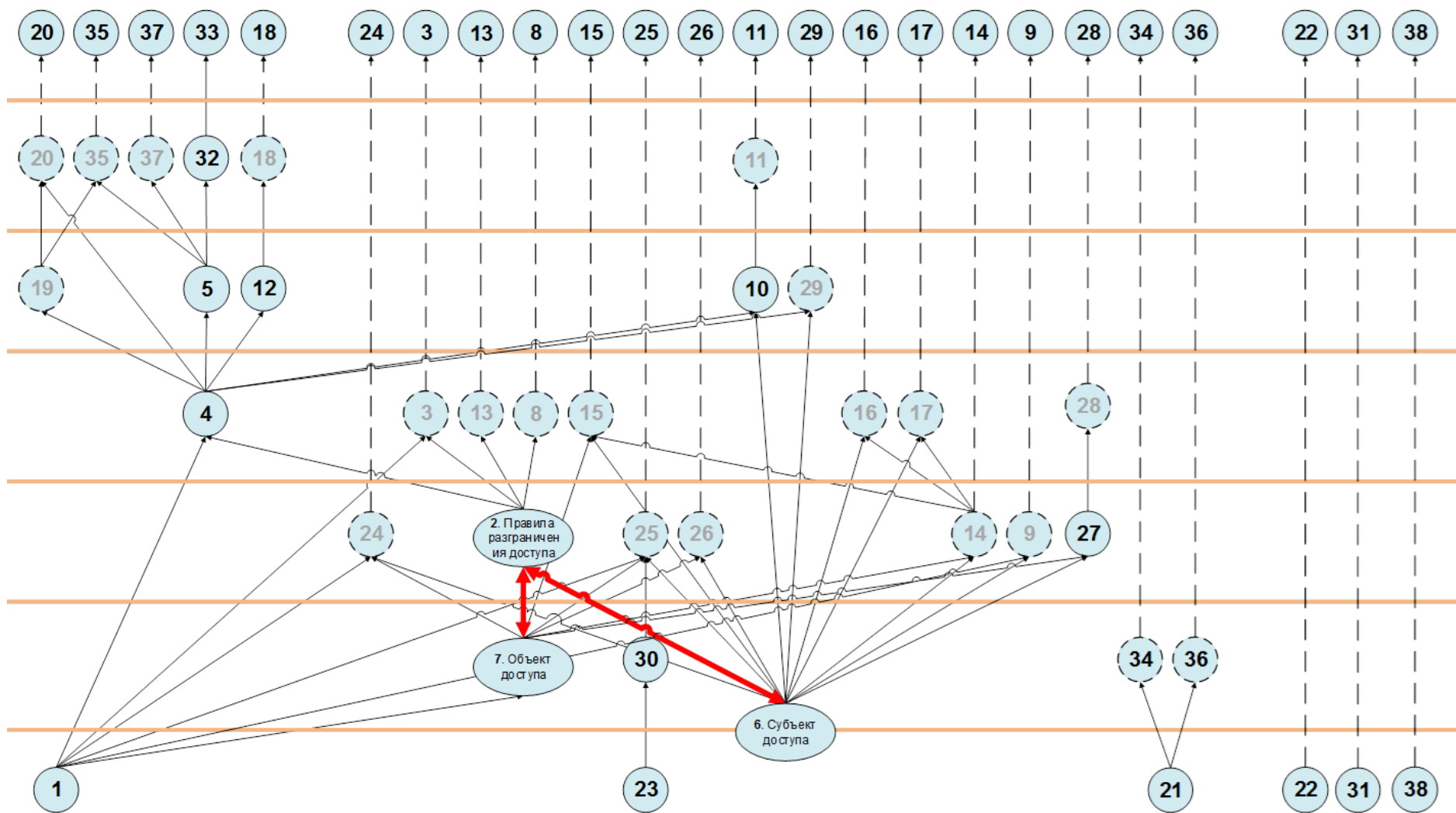


Рисунок 14 – Сеть знаний для предметной области «Защита от несанкционированного доступа к информации» (автор проф. М. В. Буйневич)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Еляков А.Д. Дефицит и избыток информации в современном социуме [Электронный ресурс]. URL: [http://ecsocman.hse.ru/data/2011/03/11/1214896871/Elyakov\\_11.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/2011/03/11/1214896871/Elyakov_11.pdf) (дата обращения: 27.02.2016)
2. Першиков В.И., Савинков В.М. Толковый словарь по информатике. М., 2001
3. Птушенко А.В. Тезаурусная концепция информации // Информатизация России. М., 1995. цит. по А.Е.Баранович. Введение в информациологию и ее специальные приложения. М., 2011
4. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 30.12.2015) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165984/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165984/) (дата обращения 07.03.2016)
5. V. V. Kudryavtsev, P. A. Aliseichik, K. Vashik, J. Knapp, A. S. Strogalov, S. G. Shehovcov, Modeling learning process, *Fundamentalnaya i prikladnaya matematika*, vol. 15 (2009), no. 5, pp. 111—169. URL: <http://mech.math.msu.su/~fpm/ps/k09/k095/k09507.pdf> (дата обращения: 27.02.2016)
6. Гаврилова Т.А., Муромцев Д.И. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы: Учебное пособие. - СПб.: «Высшая школа менеджмента», 2008, 488 с.
7. Кудрявцев Д.В. Системы управления знаниями и применение онтологий: Учеб. пособие / Д.В. Кудрявцев. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - 343 с.
8. Джозеф Джарратано, Гари Райли. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1152 с.
9. Розенберг В.Я. Система обучения на базе семантических сетей. Теория и практика // Матер. Междунар. научно-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире», 13-15 марта 2013 г.- СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2013. - С. 184–191.
10. Волынец Ю.Ф. Теоретические основы формализованного представления педагогических знаний в инфологической среде подготовки специалистов ВМФ./ Под ред. В.Я. Розенберга.– Петродворец: ВМИРЭ, 2000.– 82 с.
11. Федоров Д.Ю. Эскиз аксиоматического подхода к построению автоматизированной образовательной среды // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. Выпуск 8 (67). — Санкт-Петербург: СПбГЭУ, 2013. С. 91-93.
12. Виноградов С.Н., Кузьмин А.Ф. Логика (учебник для средней школы), 1954.

13. Руководящий документ «Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения»/ Утверждено решением председателя Гостехкомиссии России от 30 марта 1992 г.
14. Поппер К. Открытое общество и его враги. В 2 тт. Т. 2. М., 1992.
15. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.



*Научное издание*

*Федоров Д. Ю.*

**КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД  
К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ  
НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЗНАНИЙ**

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

---

Подписано в печать 01.04.2016. Формат 60×84/16. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,5. Тираж 20. Заказ 14175b.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,  
в Типографии Политехнического университета.  
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.  
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.